

**講演：企業における技術革新と省エネルギー活動
：省エネ技術開発事例と省エネ診断活用事例（第24
回フロンティア技術検討会：エネルギー戦略と省
エネの対策及び実践について）**

| | |
|-----|---|
| 著者 | 安澤 典男 |
| 雑誌名 | 室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告 |
| 巻 | 24 |
| ページ | 48-51 |
| 発行年 | 2014-02 |
| URL | http://hdl.handle.net/10258/00009030 |

講演Ⅲ：「企業における技術革新と省エネルギー活動
～省エネ技術開発事例と省エネ診断活用事例～」
(公財)室蘭テクノセンター

総括アドバイザー 安澤 典男 氏

ご紹介いただきました室蘭テクノセンターの安澤です。宜しくお願いたします。本日の講演は、技術革新に繋がった省エネルギー技術開発事例と、省エネルギー活動に繋がった省エネ診断事例について、紹介させていただきます。今日お話する内容は、まず技術開発事例として、革新的要素技術開発、工程の連続化・簡省略技術開発、それと最適化技術開発の3つの視点から、その背景・目的、それからどのような観点で開発したか、技術の特徴や具体的な実施内容を説明させていただきます。また、省エネルギー診断事例の方は、この4年間で実施した15社の事例について、主要な省エネ項目と、省エネ対策の実施状況、それから受診した企業さんの感想などを紹介させていただきます。

まず、はじめに、省エネ対策の具体的な計画と実施ということで、ここではその手順を示す概念図で説明します(スライドを示す)。先程もお話でしたが、省エネ対策には順番があるということです。簡単に説明しますと、まず、工程単位、あるいは設備単位で、エネルギーの使用量を計測する。次にエネルギー消費原単位で整理し、対前年度と比較する。あるいは、同業他社と比較して目標を設定することが重要となります。具体的には、速効性のある操業管理や設備のメンテナンスを徹底して行い、ムダを排除することが第一にやるべきことです。その後には、排熱回収やインバータ等の省エネ設備を導入する。さらには高効率設備の導入等を検討することになります。その先の省エネ対策となりますと、技術開発によるブレークスルーが必要ということです。今日はこの技術開発事例を9件ご紹介したいと思います。

最初は、新日鉄の新規事業として取り組んだ「泡式石油ストーブの開発」です。これは石油ストーブを北海道で作りたいと言うことでテーマに取り組み、繰り返し実験と、理論解析を積み重ねて生まれたものです。従来の燃焼技術の一つである液面燃焼は、気液界面積が小さく燃料蒸気と空気の混合が十分でないまま燃焼されるので、燃料蒸気と空気の混合が燃焼を律速します。従って点火後、暖かくな

るまで時間がかり、煤や臭いが発生するという問題がありました。また噴霧燃焼は、燃料を霧化した時の液滴径が不均一になり、局部過熱による NO_x の問題や燃焼量の可変範囲が小さいという課題がありました。そこで、これらの課題を解決するためには気液界面積の増加と、燃料蒸気と燃焼用空気の均質化が最も重要と考えまして、この両方を満足させる燃焼技術として、燃料を一旦泡にして燃焼させるという全く新しい気泡分散燃焼技術を発想しました。燃料を泡にしますと気液界面積が飛躍的に増加し、燃料の蒸発速度が大幅に促進します。これはビーカーに入れた灯油でその状況を比較したものです。灯油を泡にしますと容易に着火して燃焼が継続します。泡式石油ストーブは、多孔質フィルター上に溜めた灯油に完全燃焼に必要な理論空気量の数パーセントの空気を供給し、灯油を泡にして着火し2次空気で完全燃焼させます。これは実験研究に使用した試作器で、燃焼特性を把握するための観察窓や測定口が付いています。これが観察窓から見た灯油の泡です。商品化した泡式石油ストーブは、即暖、無臭、火力調整に優れたもので省エネ率30%を達成し、通産大臣賞を受賞しました。

次の事例は「液体燃料の気泡分散予混合燃焼技術の開発」です。これは、先程の気泡分散燃焼を工業用バーナに使用したいというニーズに応えたものです。泡式石油ストーブは、多孔質フィルター上に灯油を溜めて燃焼させるので、工業用バーナに要求される横向きや下向きで使用することができませんでした。そこで、理論空気量以上の空気を多孔質フィルター上流側から送り、同時に燃料をノズルから噴霧して供給し、多孔質フィルターの下流側に生成する気泡燃料を燃焼させるという新しい気泡分散予混合燃焼を考えました。この方式は、気泡燃料に着火しますと火炎が形成され、その火炎が気泡燃料を蒸発させ泡中の空気と均質に混合した状態で燃焼が継続されます。この気泡分散予混合燃焼は、燃料を燃焼器に溜めることなく燃焼できますので、バーナを上向き、横向き、下向きにしてもこのように安定燃焼するのが特徴です。ここで供給される空気量は、泡の生成と完全燃焼に必要な量を確保しており、空気比1.05～1.1で完全燃焼できます。現在、この「気泡分散予混合燃焼バーナ」を給湯器に搭載し製品化するべく開発中でございます。

次は「無動力集塵装置の開発」です。これは、鉄鉱石や石炭等の粉体を船から荷揚げするアンローダホップの集塵技術開発です。船倉の鉄鉱石等をバケットで掴みとり、陸上のアンローダホップに落としますと大量の粉塵が発生します。従来、このような設備への環境対策は、ファンで吸引しバグフィルターで除塵する方法が一般的でしたが、設備費が高くメンテナンスが大変という問題があり、ここに全く新しい集塵技術開発が必要となりました。そこでまず、発塵の現象解明を試みました。発塵箇所は大きく2つありまして、1つはバケットとホップ間で鉱石等粉体の落下過程で横風で発塵する1次飛散、もう一つは、ホップに落下した鉄鉱石等の粉体がホップ底部で反転し、ホップ上部から系外へ飛び出す2次飛散です。この2次飛散量が1次飛散に比べて圧倒的に多いことを確認しました。そこで2次飛散を減少させる方法を検討し、2次飛散が落下粉体とホップ内の体積置換等によってホップ内の壁面流として粉塵が系外に飛び出すことに気づきまして、この壁面流を安定して系内に留める渦流式防塵フード装置を発想しました。このフードは、2次飛散量の全てを包囲する容積を有し、その内部は案内ガイドで上昇流を反転させ、粉塵を除去した後の空気を系外に出す流路を確保するようにしました。また、除塵された粉塵はホップ内に戻っています。実際の研究開発は、実機の1/10スケールの模型実験で行いましたので、スケールアップするための相似則理論の構築に苦労しました。これが渦流式防塵フードを設置した実機設備です。従来法との比較で、設備費10分の1以下、ランニングコストゼロ、メンテナンスフリーを実現しました。現在までに17機、実用化されております。

次は「フレキシブルコンテナバッグの無動力集塵装置の開発」です。従来のフレキシブルコンテナバッグから粉体を取り出す際の粉塵対策は、吸引ファンとバグフィルタの乾式集塵でした。また、この際の作業は、クレーン運転とフレキシブルコンテナバッグ底を開袋する人の2名で行っていました。本開発では、粉塵対策に先程の渦流式防塵フードを採用し、作業者2名を1名にする省力化対策は、ホップ下部に上向切断刃を設置し、そこへフレキシブルコンテナバッグを落下させ、自重でバッグ底を開袋する方法を具現化しました。具体的には、ここにフレキシブルコンテナバッグを載せ、ストッパーを外してホップ内へ落下させ、上向刃で切断・開袋する。その後、フレキシブルコンテナバッグを引き上げる際に発生する粉塵は、上向刃の内側に設置した分配コーンで効果的に渦流フード内へ導かれるので、従来法と遜色ない集塵技術を確立すると共に省力化も達成しました。この時の設備費は、市販品の3分の1で実用化できました。

これからは鉄鋼業での技術開発事例です。最初は、世界初の「フリーカテナリー方式新型連続焼鈍炉の開発」で

す。これはクロム系ステンレス焼鈍を従来のバッチ式から連続式にした開発です。ここで焼鈍とは金属を柔らかく粘り強くする熱処理のことです。この炉の特徴は、表面疵の原因となる炉内ハースロールを省略し、フリーカテナリー形状で連続焼鈍を可能にしたこと、炉内仕切壁で加熱帯と均熱帯に分け、目標のヒートパターンを満足させる技術を開発したことです。焼鈍温度は1000℃ですのでステンレス・ストリップの弾性がなくなり、カテナリー形状、即ち鎖を吊したような状態になります。ストリップのライン速度は、カテナリーの下端位置を検出してテンションリールやペイオフリールで制御しています。この技術開発は、実機の1/3スケール実験炉で諸特性を明確にして、実験データから実機の基本設計を行い、ハード設計・製作は、熱処理炉メーカーに依頼して実用化したものです。従来のBAF焼鈍炉と比較して、省エネ効果は17万kcal/tを確認しました。

次は「棒鋼直接表面焼入技術の開発」です。これは従来、オフラインで行っていた焼入焼戻の熱処理を、棒鋼工場のインラインで製造する技術です。この技術は（図を示しながら）熱間圧延後の鋼材をクーリングトラフで急冷し、鋼材表面からの焼入れ、焼戻し深さを自在にコントロールする制御冷却技術を開発し、低温鉄筋棒鋼の製造技術を確立したものです。具体的には仕上げ圧延後の#1, 2冷却装置に14個のクーラントを配置し、冷却能力向上、均一冷却技術の開発、冷却過程における棒鋼の半径方向組織変化を考慮した温度計算モデルを開発しました。また、材質予測の品質コントロールファクターとして、測定点Cの復熱温度を考えて、工程能力を加味した操業条件の決定モデルや冷却装置の出口温度決定モデル等を開発しました。これによる効果は、従来のオフライン焼入・焼戻し熱処理に比べて、圧延鋼材の顕熱を利用するインライン熱処理ですから、約60万kcal/tの省エネになりました。

次は「棒線材の制御圧延制御冷却の設備技術開発」です。これは従来、二次加工メーカーなどが行っていたオフライン軟質化焼鈍を簡略化したもので、材料研究者の研究成果を実用化した典型例です。一般に研究者は自分が考えた温度条件などで研究成果を発表します。しかし、その成果をそのまま工場が受け入れるケースは少ないということです。そこで、プロセス技術者は、研究者の成果が工場で実現できるかについてシミュレーションし、現場と研究条件の差を明確にして研究者にフィードバックします。そこで材料研究者は、シミュレーション結果を基に現実的な条件を見つけるための追加実験を行い、品質保証できる温度範囲等を明確にします。ここで再度、シミュレーションや工場実験解析を行い、設備機能が不足している場合には設備技術開発へと進みます。ここで実際に開発した設備技術は、低温圧延による組織微細化のための圧延スタンド間多段冷却装置開発、緩冷却による軟質化のための冷却床徐冷力

バー装置開発と、コイル状線材間欠衝風冷却装置を開発し、従来のオフライン熱処理材と同等の材質を有する、インライン棒線材製造技術を実用化しました。これにより従来のオフライン熱処理と比べて、燃料原単位が、約 30 万～60 万 kcal/t 改善しました。

次は「連続焼鈍炉の低露点化技術開発」です。これは線材の球状化焼鈍を還元性の RX ガス雰囲気から窒素ガス雰囲気に切替えて、線材の脱炭が防止できる露点 -50°C 以下を達成する技術を開発し、酸洗工程を省略し省エネを達成した事例です。従来は線材の脱炭を防止するため、熱延線材を酸洗して RX ガス雰囲気中でカーボンポテンシャルを合わせて焼鈍するのが一般的でした。そこで酸洗を省略するべく露点 $-60\sim-70^{\circ}\text{C}$ の窒素ガスを炉内に供給してみましたが、炉内を大気開放状態から -50°C 以下達成までに 45 日もかかってしまいました。その原因が炉壁部の断熱ボードが水分の吸脱着に関係していることを突き止め、断熱ボードから発生した水分が炉内へ拡散しないように炉内側のレンガを水分拡散防止壁として、外側の鉄皮にボードを貫通するパイプを取付け、炉内の高温ガスをボード部に導き、水分の放出を促進させるようにしました。この技術のポイントは、レンガの膨張代等の隙間を通る炉内からボード部へ流れる窒素ガスの流速を、水分の炉内への拡散速度より大きくして、高水分ガスを炉外に効果的に排出する技術を開発したことです。これにより先ほどの 45 日を 3.5 日まで短縮し、焼鈍能力の向上及び酸洗省略を達成し、電力や蒸気の削減並びに燃料原単位を約 40 千 kcal/t 改善しました。

次は「熱間鍛造用金型の冷却・潤滑技術の開発」です。これは、新日鉄のユーザー技術支援の一環として開発したものです。課題は熱間鍛造金型の寿命延長と製品歩留の向上です。この課題が顕在化したのは、潤滑剤を黒鉛から白物潤滑剤に変えたことに関係しているとのことだったので、まず、現在使用している潤滑剤の金型への付着量と密着度を最大にする金型温度を実験解析から見出しました。次に、その目標温度に対する実際の温度との差を明確にして、温度予測モデルを用いて、目標金型温度を満足させる方法を提案し、それをユーザーが実行し、大幅な生産性向上、金型寿命延長、及び製品不良率の低減の達成し「トヨタ技術開発省」を受賞しました。ここでの技術ポイントは、金型表面への潤滑剤の付着量や密着度を測定可能とする実験技術の確立、金型表面温度シミュレーションモデルの構築、及び潤滑剤の付着メカニズムの解明などです。また、具体的な提案内容は金型の一体型から分割型への変更、内部冷却付加と背面冷却水量を 2 倍にした等です。

ここからは、中小企業の省エネルギー診断事例について説明します。申込みは簡単で、診断を受けたい企業さんは室蘭テクノセンター又は室蘭商工会議所に電話等で申し込む。その後、申込み企業をテクノセンターの専門家が訪

問し予備診断を行います。予備診断結果に基づき、さらに詳しい調査が必要と判断された場合には、企業へ熱と電気 の専門家を派遣して詳しく調査します。その後、診断結果を 20～30 ページの報告書にまとめて報告します。その際、この結果の具体的な活かし方まで指導し、その 2、3 年後に指導内容の実施状況をフォローする、という形の活動を行っています。この無料省エネ診断は、平成 20 年からスタートしたわけですが、初年度は 4 社診断を行いました。この年に診断した企業は、売上高に占めるエネルギーコストが業種によって異なるものの大凡、2%～4%でした。この食料品製造業の企業は、調査対象の工場のみで年間エネルギー消費量が原油換算で 366 キロリットルあったことから、他工場のエネルギー消費量も含めた会社全体で、年間 1,500 キロリットル以上の特定事業者になることを心配して、工場長が本社に連絡していたのが印象的でした。また、省エネ診断結果を最も早く実行に移したのが、プラスチック製品製造業です。これについては、今日、鈴木社長から、実際の取り組み内容等に関する報告があるかと思いますので、私も非常に楽しみにしているところです。ここで、スライドに示すこの表について簡単に説明します。ここに提案した省エネ案件の主な項目を上げております。下線部分は実際に省エネ対策を実施した項目です。また、一番下に省エネ対策の実施状況を、○、△、×で示しましたが、○は、積極的に省エネ対策を実施し、メリットを享受している。△は、それほど積極的ではないが、総合エネルギー管理の徹底は実施している。×は、診断の前後で変わりません。というようにして、評価しましたが結果的には×はありませんでした。非常によくやっているということです。次の 21 年は、省エネ診断事業を道内全域が対象の事業体と連携した関係上、最初と 2 番目は札幌の企業、3 番目が小樽、4 番目が室蘭の企業です。ここで、酒類の製造業は 1 社 1 工場だけで、エネルギー消費量が 1,346k1/年も消費している。特定事業者になると定期報告書や中長期計画等を所管省庁へ提出しなければならないので大変ということで、今回の省エネ診断結果を早速実行し、特定事業者になっていないという回答がありました。銑鉄鋳物製造業は、売上高に占めるエネルギーコストの割合が 7.7%と高いのが特徴です。いずれも省エネ対策を実施し、効果があつたことを実感しているということでした。次の平成 22 年度は、室蘭商工会議所と一緒に省エネ診断事業をスタートさせた年です。この年の特徴は、酒・煙草等卸小売業のエネルギー消費量の少ない企業を診断しました。これらの企業は、これまでに省エネ対策を積極的に実施してこなかったため、省エネ診断で提案した省エネ効果の期待値は、効果額は小さいが、省エネ率は 20%～40%と非常に高くなっています。また、これと対照的なのが第一種エネルギー管理指定工場の化学工業で、ここは以前から積極的に省エネ対策に取り組んでいましたので、省エネ診断で提案でき

た省エネ効果の期待値は、省エネ率は2.8%と少ないが、効果額は非常に大きいということです。5社とも省エネ項目にアンダーラインが引かれているように、実際に省エネ対策を実施しているということです。23年度は、2社しか省エネ診断できませんでした。また、実際の診断が今年の3月でした。先日、電話でヒアリングさせていただきましたが、この2社の社長さんは省エネ対策に非常に前向きで、建設業の社長さんはもうすでに実行している。機械加工業の社長さんも、やる方向で検討中であるとの返事をいただいております。

最後にまとめですが、技術開発は、マンパワーや研究開発費はかかりますが、そのもたらす効果は非常に大きいということです。従いまして、もう省エネは「やり尽くした」と思っている企業さんは、現状かかえている課題の“現象解明”を行い、さらに“ゼロベース”でその解決策を発想してほしい。その後は“原理・原則”に基づく実験解析を繰り返し、“シミュレーション”や“最適化の考え方”を導入することで、ブレークスルーが可能になると思います。省エネ診断を受診した企業さんのほとんどが省エネ対策を実施し、その効果を実感していることを確認しました。従いまして、省エネ対策をどのようにすればよいかわからない中小企業の方は、まず省エネ診断を受けてみる。診断を受けることで、省エネ対策、コスト削減が可能になると考えます。以上が私からの話です。ご静聴ありがとうございます。
